三种对称约束的可控核聚变构型及其发电系统

林荣炎

(广东云华智慧科技股份有限公司，广东广州市　510663)

The controlled nuclear fusion configuration base on three symmetric constraints and its power generation systems

Abstract: Controlled nuclear fusion configuration is a new innovative process that takes advantage of 20 face midpoint symmetry, 12 vertex symmetry, and 30 edge midpoint symmetry of regular icosohedron (include regular dodecahedron and polyhedron obtained by conway transformation). It can produce three kinds of uses for symmetric constraint including symmetric inertial constraint, symmetric electric field constraint, and symmetric magnetic field constraint. The configuration features allows for three kinds of uses for symmetric constraint, as it is to be circumscribed a sphere on the regular icosohedron. A total of 30 points from 20 face midpoints plus an addition of 10 of 12 vertices makes 30 radial intersectional points where the sphere face acts as the input port. Furthermore, 30 edge midpoints makes 30 radial intersectional points with the sphere face acting as the output port. The two ports acts as a pair that joins together to form a magnetic constraint pipeline. Thus, each unique input port pairs to each unique outport port to create 30 circulating pipelines. The distribution of the electric field and magnetic field at the input port and output port inside the sphere face is intended with the purpose of launching and retracting charged particles (electrons or nucleons). Under the three kinds of symmetric constraints, the charged particles from the input port generates a stable symmetric inertial constraint nuclear fusion area from collision in the center of the sphere. In the process of launching and retracting, the energy of charged particles realized minimal loss under the symmetric electric field constraint and symmetric magnetic field constraint. This process can be a continuous cycle acceleration. With the continuous convergence of the input energy, the nuclear fusion area in the spherical center will reach the fusion condition, and realize the controllable steady state continuous output of nuclear fusion energy.

Key words: Symmetric inertial constraint; Symmetric electric field constraint; Symmetric magnetic field constraint; Radial zero electric field line in the horizontal vector direction; Radial zero magnetic field line in the horizontal vector direction; Asymmetric balance adjustment

摘要：该可控核聚变构型是一种利用正二十面体（包含对偶的正十二面体及通过康威变换得到的多面体）的 20 个面中点对称、12 个顶点对称、以及 30 个棱中点对称的 3 种基本对称，能产生对称惯性约束、对称电场约束、以及对称磁场约束共 3 种对称约束用途的新构型。这 3 种对称约束用途在构型体现上，是在正二十面体外切一个球体，20 个面中点加上 12 个顶点中的 10 个顶点共 30 个点与球面的径向相交点作为入射口，30

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

个棱中点与球面的径向相交点作为出射口，在球体外接入磁约束管道配对形成 30 个循环管道以及在入射口与出射口内球面上设置电场及磁场分布，用于发射及回收带电粒子（电子或核子）。在这 3 种对称约束下，入射的带电粒子在球体中心碰撞并产生稳定的对称惯性约束核聚变区，而带电粒子在入射与出射过程中，其能量在对称电场约束与对称磁场约束作用下，做到几乎无损耗的循环利用并持续循环加速，随着输入能量不断的汇聚，球心核聚变区达到聚变条件，并实现核聚变能量的可控稳态持续输出。

关键词： 对称惯性约束；对称电场约束；对称磁场约束；水平分量径向零电场线；水平分量径向零磁力线；非对称平衡调节

中图分类号: 0571.44　　**文献标志码:** A　　**doi:**

1. 点火革新

回顾在能源实现可控利用的整个发展史上，无论是采用那种燃料，其共同点就是点火条件都很低，基本上输入一小点能量，就能实现燃料的化学或物理的“燃烧”反应，释放出大量的热能，并只需在释放的能量中，拿出一小点能量继续作为输入能量，就能继续维持这种可控的“燃烧”反应，是一种“点火—燃烧”双循环的“燃烧自持”可控模式。

而氢及其同位素的可控核聚变的点火条件要求太高，自然条件下需达到 80 倍木星的质量才能实现这种“点火—燃烧”双循环的“燃烧自持”可控模式，成为一颗恒星，这就决定了在地球上是无法实现这种“燃烧自持”的可控模式。但目前可控核聚变技术研发方向基本上都是延续“燃烧自持”可控模式思维方式，为达到点火条件，输入了大量的能量，由于受到反应截面的制约，聚变能量输出受到限制，无法实现持续可控的正收益输出，原因就是无法达到“燃烧自持”，基本上都是“一次输入+一次输出”的间歇性反应，因输入的能量在过程中变为了热能，回收的热效率不高，输入能量损失过大，不能实现大比例的输出正收益，故目前的可控核聚变技术装置都没有商用价值。

既然“点火—燃烧”双循环的“燃烧自持”可控模式是无法实现的，就需要进行点火革新，方法就是在“点火—燃烧”的中间，加入“点火自持”，变成“点火—点火自持—燃烧”三循环可控模式。前面提到，点火的输入能量在过程中损失过大，“点火自持”就是采用一种粒子（如电子）作为能量存储介质，实现输入能量的自循环，并且在自循环过程中能量没有损失或损失极少，然后通过这个“点火自持”机制，提供并达到

作者简介： 林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发);
E-mail:903137238@qq.com

核聚变条件，持续产生核聚变能量。在这个三循环可控模式中，“点火自持”不仅实现了对输入能量的累积，同时始终提供一个满足核聚变条件的环境，通过一个全新构型实现可控核聚变。本文所提出的三种对称约束，就是围绕如何实现“点火自持”所进行的原理论述。

2. 新构型及其运行简述

新构型是基于正二十面体的几何结构（包括其等价几何结构），外切一个球体，将20个面的正三角形的中心点、30条棱中心点，加上12个顶点，从球心径向投影到球面上，在球面形成62个点，共分为三种分类点，每一种分类点在球面上都是均匀分布整体对称的。然后分别以这些点为圆心，开孔联接外部磁约束管道形成电子（以电子为例，下同）的进出通道。其中20个面对应的20个点，加上10个顶点（另2个用于等离子体出口），共30个点形成30个电子入射通道，30条棱对应的点形成电子出射通道，并一一配对分别在球体外围接入30个磁约束外环管道，与球体形成闭环封闭结构并抽为真空。

这种构造能产生对电子的对称惯性约束、对称电场约束与对称磁场约束。对称惯性约束是指入射电子以一定的速度同时射向球心，在球心处进行碰撞聚集，通过电子动量产生惯性约束力，20个面中点对应的20个发射点在球心区域产生一个20面体的全覆盖小球体聚变区，这是第一层基础性惯性约束全覆盖。第二层惯性约束覆盖是通过10个顶点对应的10个发射点发射的电子流，在球心区域形成一个正十二面体减去2个等离子体出口面的加强覆盖，电子密度得到进一步加强，形成更稳定的中心聚变区，中心负电场强度也进一步加强，强负电场把周围带正电的聚变核如氘核（或氚氚、氦3等正电核，为表述方便，下文以氘核代称所有的正电核）被库伦引力压入球心更小的区域。第二层惯性约束覆盖还有另一个作用，是同时压缩聚变后包括氦核在内的等离子体往两边对称的等离子体出口方向运动。

对称电场约束与对称磁场约束是指在各个入口与出口处，加入相应的正负电场与N-S磁场，产生一个对碰撞后从球心聚变区域散射回来的电子施加一个往出射口轴线运动的力，驱动电子无损耗的从电子出射口的圆孔口出去，从而实现对电子的回旋加速，形成“点火自持”，这是本构型的核心所在，只有这样才能通过电子不断的传递能量提高球心聚变区的温度与压力，达到聚变条件发生聚变反应，并产生稳态运行。

其工作过程为：在高速电子的不断轰击下，非弹性碰撞部分的动能不断转化为热能，

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

动量转化为压力，中心聚变区达到一定的温度与压力下，被外围强负电场压向球心的氘核产生 D-D 聚变（或氘氚核产生 D-T 聚变），聚变产生的能量（主要是快中子与γ射线能）的其中一部分能量对不断从发射口射向球心的氘气等聚变气体进行电离，形成等离子体，大部分等离子体（加上氦核）在球体内部对称电场与对称磁场的约束下，往等离子体出口排出去，进行等离子体发电。剩下的能量被球壳吸收，加热两层球壳中间的工质（如水），进行蒸汽发电。非弹性碰撞与弹性碰撞后的电子，在球心随机并均匀散射反弹回来，在球体内部对称电场约束与对称磁场约束作用下，从均匀分布的 30 条棱中心点对应的电子出射通道回流出来，然后在球体外部磁约束环路上根据电子的能量状态与数量进行加减速与电子枪发射电子进行数量补充，不停的射向球心，维持球心区域的高温高压聚变环境，持续的进行聚变反应，输出聚变能量。

3. 新构型详细说明

3.1. 球面分布

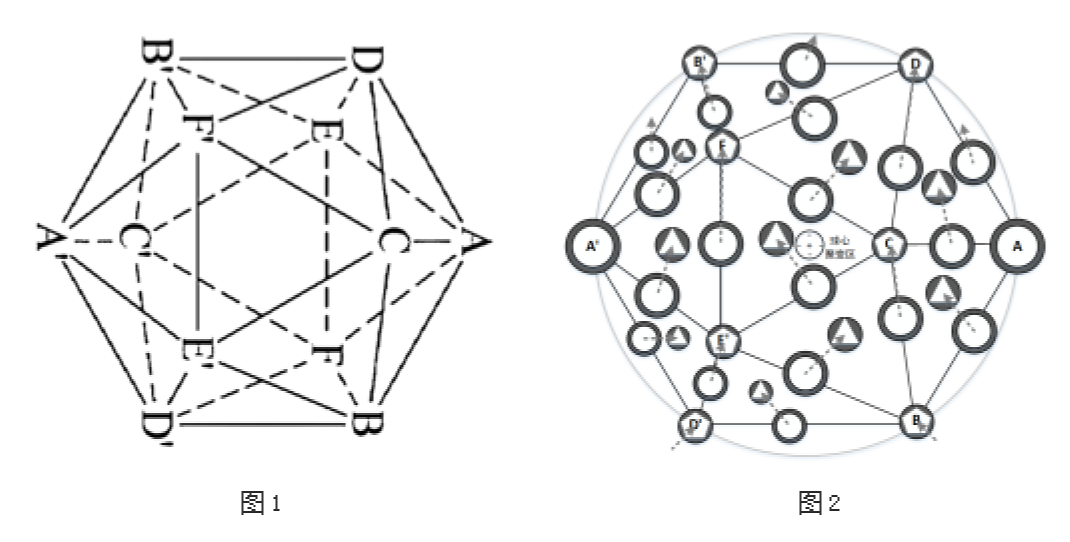


图 1　　图 2

正 20 面体的 20 个正三角形的中心点从球心径向投影到外切球面的点为圆心，以一定半径开孔外接磁约束管道作为入射口，一共 20 个入射口，下文简称：三角入射口，图示为：。

正 20 面体的 10 个顶点（12 个顶点除去 A 与 A' 左右对称的 2 个顶点）相交外切球面的点为圆心，以一定半径开孔外接磁约束管道作为入射口，一共 10 个入射口，下文简称：五角入射口，图示为：。

正 20 面体的 30 条棱中心点从球心径向投影到外切球面的点为圆心，以一定半径开孔外接磁约束管道作为出射口，一共 30 个出射口，图示为：。

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

除去 A 与 A’左右对称的 2 个顶点位置作为等离子体出口，一共有 30 个入射口与 30 个出射口，入射口与出射口一一配对，外接磁约束管道形成 30 条闭环管道。

3.2. 入射口结构

30 个入射口包括 20 个三角入射口与 10 个五角入射口，入射口中间是个圆孔口，外接球体外的磁约束管道，电子从圆孔口射向到球心。在圆孔口外内球面安装一个抗中子辐射的圆面金属环，圆面金属环曲率与球面一致，与球体内球面及其它构件绝缘，通电后产生负电场，用于对电子产生电场斥力，并形成球体内对称的负电场分布。

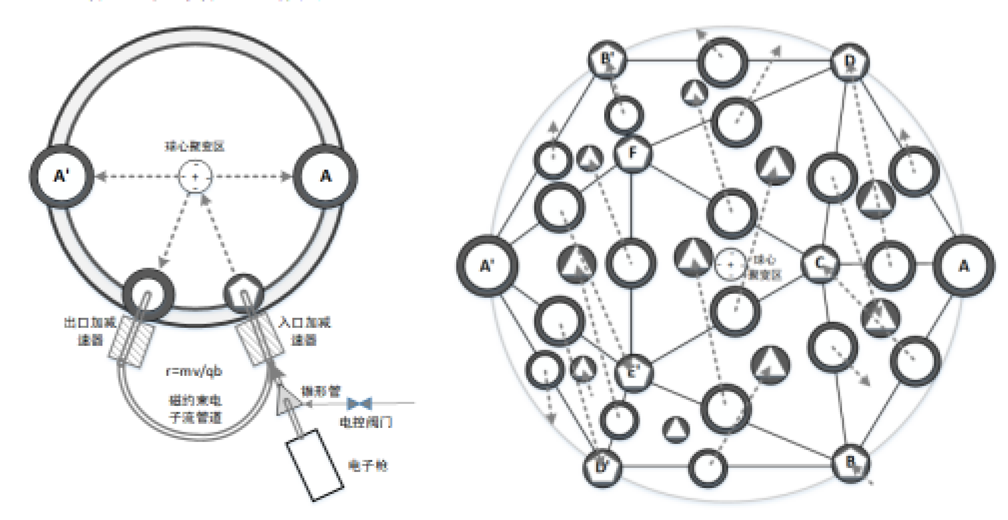
入射口除了安装圆面金属环产生负电场外，在五角入射口的圆面金属环上面，安装一个线圈磁环（磁极与出射口相反），产生磁场用于平衡等离子体出口的磁场偏移并加强出射口的对称磁场约束。

3.3. 出射口结构

30 个出射口中间同样是个圆孔口，外接球体外的磁约束管道，从球心处碰撞反弹回来的电子，在球体内的对称电场约束与对称磁场约束下，从出射口中间的圆孔口出去，进入外接的磁约束管道。在圆孔口外内球面安装一个抗中子辐射的圆面金属环，圆面金属环曲率与球面一致，与球体内球面及其它构件绝缘，通电后产生正电场，用于对电子产生电场引力，并形成球体内对称的正电场分布。

出射口除了安装圆面金属环产生正电场外，在出射口的圆面金属环上面，安装一个线圈磁环（磁极与入射口相反），在出射口产生一个对称磁场约束，如磁镜或磁瓶原理一样，非均匀磁场对从球心核聚变区反弹散射回来的电子施加一个往磁环中心的绕进驱动力，使电子从出射口出去。

3.4. 入射口与出射口外接结构



作者简介：林荣炎(1968—), 男(汉), 籍贯(广东省、揭阳市), 职称, 高工, 节能研究与节能平台开发);
E-mail:903137238@qq.com

图 3　　　　　　　　　　　　　　　　图 4

30 个入射口与 30 个出射口一一配对，在球体外外接一条磁约束管道，一共外接 30 条磁约束管道，形成入射与出射的闭环，结构图见《图 3》。

《图 3》中，磁约束管道在出入口处先是一段直道，安装电子加减速器，然后接入一段弯道，形成闭环。在入射口的直道与弯道连接处，沿着直道延长管，安装有电子枪，发射高速电子。对五角入射口，中间安装一个锥形管，用于接受通过电控阀门注入的氘聚变气体，从锥形管出口等压的注入入射口直道，随高速电子流射向球心聚变区，被球心聚变区高温电离，吸收聚变能量后，一部分被球心聚变区强负电场压入球心进行聚变反应，一部分被五角入射口的电子流压缩，往两端的等离子体出口运动。

其工作过程为：电子从出射口经磁约束直道进入磁约束弯道，根据对电子流的检测速度，通过出射口加减速器进行速度调节，使其能通过磁约束弯道。在弯道上也可对电子流进行加减速，配合调节磁强度使电子通过弯道，进入入射口磁约束直道。在入射口磁约束直道口安装有电子枪按需发射电子，并在入口处同样安装加减速器，目的一是实现对最终所有电子进行加减速，使其射向球心的聚变区域；二是通过加减速操作，可产生强弱脉冲，使得球心聚变区域产生震荡增加核反应截面，同时使电子动能更高效的转为热能以及增加电子进入球心的概率，增强核碰撞融合，相应增加核聚变速率，同时，使得更多的高速电子进入球心，可减少核融合的库伦斥力，降低聚变条件。

若球体半径较大，如 2.5 米半径球体，相邻 2 个出射口与入射口的拐弯直径平均在 1.5 米，能满足电子的磁约束拐弯，就采用相邻的 2 个出射口与入射口进行配对相接，简称邻接，邻接配对方式见《图 2》。

若为了实现小型化，球体半径较小，如 1 米半径球体，相邻 2 个出射口与入射口的拐弯直径平均只有 0.25 米，若由于技术实现限制，在不能满足电子的磁约束拐弯半径情况下，就采用间隔的 2 个出射口与入射口进行配对，简称间接，间接配对方式见《图 4》，间接增加了 2 个出入口之间的距离，增加了磁约束管道拐弯半径，但对磁约束管道管径有要求，不能过大，管径过大的话，相邻两个磁约束管道布置有交叉的空间冲突。

3.5.　等离子体出口结构

等离子体出口与五角入射口结构一样，圆面金属环同样带负电，磁环指向球心的极性也一样，与出射口的极性相反，若等离子体出口与五角入射口的磁极为 S 极，则出射口的磁极为 N 极。

作者简介：林美炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

3.6. 六十个激光发射点

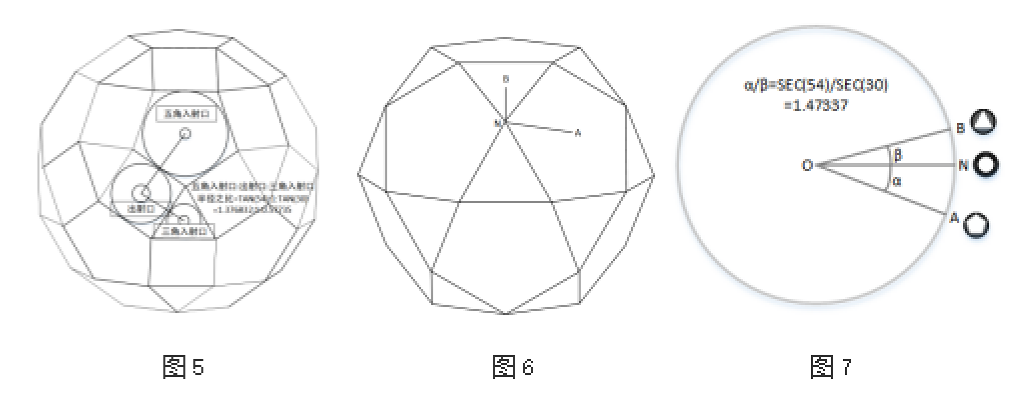


图 5　　图 6　　图 7

从球面的最大利用率而言，必须是所有出入口的金属环都绝缘相切，其对应的几何结构是小斜方截半二十面体（见《图 5》），五角入射口:出射口:三角入射口的金属环半径比值为：TAN(54):1:TAN(30)=1.376832:1:0.57735，并剩下 60 个顶点区域的球面面积，可作其它用途，如安装探测器、维护通道、加入电场与磁场提供更多的对称控制方法等，特别是若球心聚变区的温度不足，如为了实现 D-D 聚变，可在 60 个顶点区域加入激光束发射装置，以脉冲形式同时射向球心，因氘核已经被球心聚变区的电子团强负电场约束在球心处，激光束使得球心快速升压升温，更容易产生 D-D 聚变。这 60 个顶点在球面分布上如同碳原子簇 C60 一样，形成正五边形与正六边形的整体对称分布，

因每个出射口相邻 2 个三角入射口与 2 个五角入射口，基于上述的五角入射口与三角入射口的半径比例关系，则出射口到五角入射口与三角入射口的球心张角之比（或球面弧长度之比 NA:NB）为α：β=SEC(54):SEC(30)=1.401259:1（见《图 6》），其算法等价于把正二十面体的 30 条棱中心点变为顶点的截半二十面体，从其顶点到相邻正五边形和正三角形中心点距离之比（见《图 5》），因α角=30 度，故β角=21.40932 度，两者相差角θ=α-β=30-21.40932=8.59068 度，这是这种构型的内在几何关系。

4. 几何原理说明

要提供并维持达到核聚变的条件，对“点火自持”的要求极高，从物理来说，需要强约束；从几何原理来说，需要的对称性越多越好，相应的，强约束种类就越多，对实现“点火自持”的调控方式就越多，经深入研究，采用正二十面体（含等价几何体），可满足“点火自持”的实现条件。

4.1. 正二十面体的三种基本对称及用途

正二十面体群对应 A5 交错群，共有 60 种旋转对称，由 3 种基本的对称旋转而来。

作者简介：林美炎(1968—), 男(汉), 籍贯(广东省、揭阳市), 职称, 高工, 节能研究与节能平台开发);
E-mail:903137238@qq.com

（1）以中心–任意三角面中点为轴的角度旋转对称，下文简称：面中点对称。

（2）以中心–任意五边顶点为轴的角度旋转对称，下文简称：顶点对称。

（3）以中心–任意棱中点为轴的角度旋转对称，下文简称：棱中点对称。

利用这 3 种对称产生 3 种对称约束用途，以电子作为能量中介为例，列表如下：

序号	对称名称	约束用途	施加电场	施加磁场	约束描述
1	面中点对称	对称惯性约束与对称电场约束	负电场	根据实际需要，选 S 极或 N 极	1、发射高速电子流，射向球心产生惯性约束力，形成第一层球心小球体聚变区； 2、施加负电场，产生对回流的电子往棱中点轴线运动的驱动力，形成电场约束，护航电子回流。
2	顶点对称	对称电场约束与对称惯性约束	负电场	选 S 极或 N 极	1、发射高速电子流，射向球心产生第二层惯性约束力，形成更稳定的球心聚变区，同时压缩聚变后的等离子体（含氦核）往等离子体出口方向运动； 2、施加负电场，产生对回流的电子往棱中点轴线运动的驱动力，形成电场约束，护航电子回流。
3	棱中点对称	对称磁场约束	正电场	选 N 极或 S 极	正电场吸引电子往棱中点运动，不均匀磁场产生对回流的电子往棱中点轴线绕进运动的驱动力，形成磁场约束，护航电子回流。

需要说明的是，数学上，与正二十面体对偶的正十二面体及通过康威变换得到的多面体，这些多面体与正二十面体是等价的，都可产生这 3 种对称约束。

下面从对称的关系，来推导一些基本关系算法。

因为三角入射口、五角入射口与棱中点出射口在球体内分别是对称分布的，则 20 个三角入射口、与 12 五角入射口（含 2 个等离子出口，同样是负电电场），一共 32 个入射口的负电场线，是射入到带 30 个正电场的棱中点出射口，每个棱中点出射口所得到的电通量是相等，等同于每个出射口的电通量均分 20 个三角入射口电通量与 12 五角入射口电通量之和，把棱中点出射口电通量记为Φ_{E0}，三角入射口电通量记为Φ_{E3}，五角入射口电通量记为Φ_{E5}，则：

$$\Phi_{E0}=(20\times\Phi_{E3}+12\times\Phi_{E5})/30=2/3\times\Phi_{E3}+2/5\times\Phi_{E5}$$

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

若施加同样电压，因单位面积的电荷量相等，则：

$$\Phi_{E5} = (TAN(54) \div TAN(30))^{\wedge}2 \times \Phi_{E3} = 5.687 \times \Phi_{E3}$$

五角入射口总体电通量：

$$\Sigma\Phi_{E5} = 12 \times \Phi_{E5} = 12 \times 5.687 \times \Phi_{E3} = 5.687 \times \Sigma\Phi_{E3} \times 12/20 = 3.4122 \times \Sigma\Phi_{E3}$$

对每个入射口而言，其负电场线是射向所有带正电的出射口，由于带正电的出射口所在的棱中点是整体对称的，叠加的结果，可以看成是在球心处有一带正电的质点，从而简化计算，省略中间过程。

那么，对每个入射口而言，其金属环面负电场线就射向带正电的球心质点，在施加相同电压 U 的情况下，球的半径为 R，场强 E：

$$E = U/R$$

设 r 为入射口的环面半径，电通量 Φ_E

$$\Phi_E = E \times 4 \times \pi \times r^{\wedge}2 = U/R \times 4 \times \pi \times r^{\wedge}2$$

对球心而言，因为正负电通量叠加为 0，场强也为 0，从球心向外到球体之间微分为微分为无数个同心球，因为正负电场是整体对称的关系，则每个同心球所对应的入射口和出射口的半径比率不变，对应的电通量比例与每个同心球对应的入射口和出射口的面积，每个入射口和出射口在球内的叠加电通量，就形成一个《图 8》的圆锥体的结构分布。

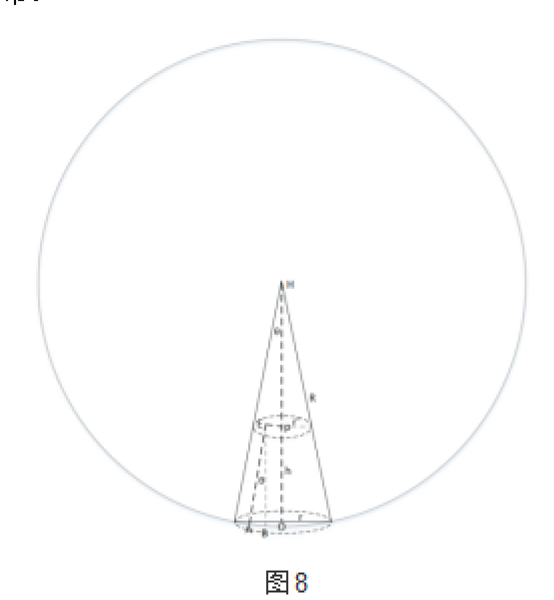


图 8

对圆锥体任意一点 E，所在的圆半径 r'：

$$r' = (R \times COS(\theta) - h)/R \times COS(\theta) \times r = (1 - h/R \times COS(\theta)) \times r \quad (0 <= h <= R \times COS(\theta))$$

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

$r = R \times SIN(\theta)$ （r为圆锥底半径）

则点 E 电通量：

$\Phi_E' = \Phi_E \times (r'/r)^2 = \Phi_E \times (1-h/R \times COS(\theta))^2 = (1-h/R \times COS(\theta))^2 \times U/R \times 4 \times \pi \times r^2$

场强 $E' = \Phi_E'/(4 \times \pi \times r^2) = (1-h/R \times COS(\theta))^2 \times U/R$，场强方向为 A->E 矢量方向。

分解为径向矢量 E'_v 与水平矢量 E'_h，则有：

$E'_v = E' \times COS(\theta)$

$E'_h = E' \times SIN(\theta)$

4. 2. 对称惯性约束

对称惯性约束是指从入射口发射高速电子，在球心处碰撞汇聚，通过惯性力产生一个稳定的电子团小球体作为核聚变载体，生成球心聚变区，具有高密度、高温、高压、高负电场强度等特征，可将球心聚变区外围的氘核等聚变原子核通过库伦引力吸入到球心，在高温高压下产生核聚变。

对称惯性约束包含两层覆盖，第一层是指二十个三角发射口发射的电子流，在球心区域产生一个正二十面体球状汇聚区，实现第一层基础性全覆盖对称惯性约束。

第二层覆盖是指十个五角发射口发射的电子流在球心区域形成一个除去两个等离子体出口方向的两个正五边形面的正十二面体球状加强覆盖汇聚区，覆盖于第一层正二十面体球状聚变区之上，使得聚变区中电子密度得到进一步加强，中心负电场强度也得到进一步加强，形成更稳定的中心聚变区，同时压缩聚变后包括氦核在内的等离子体从聚变区中心往等离子体出口方向运动。

下面来解析通过对称惯性约束，在球心处能产生小球体聚变区的原因。

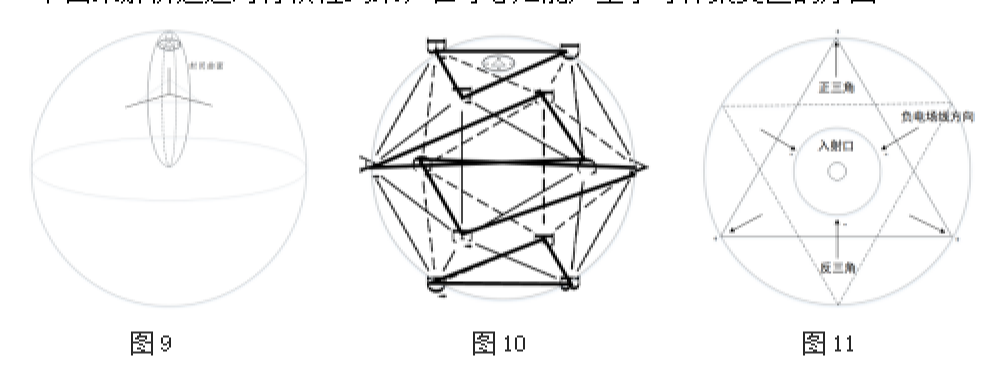


图 9　　图 10　　图 11

我们称和正二十面体的正三角形方向相同的为正三角，转了 60 度，和正二十面体的正三角形方向不相同的为反三角，见《图 11》。

对三角入射口而言，围绕电子流从发射口到球心画一闭合曲面（见《图 9》），分

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

析在上半球区受到的电场在那个方向的强弱，每个三角入射口下方由 4 层由 3 个顶点（五角入射口）组成的三角形（见《图 10》），上下半球各 2 个，12 个顶点的平面投影是平均分布在正三角与反三角的顶点上，对正三角与反三角顶点方向的场强是均匀的，没有形成往正三角方向还是反三角方向的场强极化。

但是，由于棱中点到五角入射口中心点与到三角入射口中心点的距离不同，五角入射口半径大，两者与球心连线的相差角 $\theta=\alpha-\beta=30-21.40932=8.59068$ 度，即在球面同一圆环上，五角入射口的圆环弧线要长，这样，三角入射口就会被五角入射口间隔分成 3 组。《图 10》中，分布在上下半球的中间两个正三角形的相邻 2 个顶点的连线（如 AE’，E’C 共 6 条），与球体中间平面形成 θ 度夹角，使得三角入射口所在的正三形（BDF’）每个顶点所连接的 3 条棱，除中间的一条棱（F’ E’）外，左右两边的棱（F’ A、F’ C）都往中间棱（F’ E’）偏移了 θ 度，两边加起来就偏移了 2θ 度，从而正三角方向上多了 2θ 度的电通量，根据高斯定理，正三角方向的电场场强多了 2θ 度的正电场场强，使电场强度往正三角的方向出现极化，相应的，在正三角 3 条边的中心点处，负电场强度也多了 2θ 度的负电场场强。这样，在《图 9》的闭环曲面上，往正三角方向的负电场电通量的多于往反三角方向的负电场电通量，在场强分布上，往正三角方向的负电场强度就多于往反三角方向的负电场强度，使三角入射口入射的电子流在射向球心过程中，从圆形往正三角形转化，同时因为电子受到来自入射口圆环弧面的电场力作用，最终使得入射电子流，理想情况下，通过调节电场强度匹配电子流速度，可使入射电子流到达球心聚变区时，形成二十个正三角形带球面弧度的电子团拼图形状，在球心处，拼接成一个电子团小球体。

因为增加的电通量是从反三角的 60 度角偏移 θ 角过来的，故正三角每个顶点方向增加的电通量：

$$\Phi_{E3m}=2\times\theta/60\times\Phi_{E0}=2\times8.59068/60\times(2/3\times\Phi_{E3}+2/5\times\Phi_{E5})$$

$$=0.286356\times(2/3\times\Phi_{E3}+2/5\times\Phi_{E5})$$

对五角入射口而言，30 条棱中点出射口分为上面 10 个，中间 10 个，下面 10 个，在平面投影上，都是正 10 边形的对称结构，对五角入射口的圆形入射电子流没有拉向正五边形的正电场力，中间的 10 个三角入射口也是连成 10 边形，同样没有对五角入射口的入射圆形电子流排斥向五边形的负电场力。但在每个五角入射口的上半球体，还有相隔分布 5 个五角入射口与 5 个三角入射口的负电场，同等供电电压下，因为五角入射

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

口电通量大于三角入射口的电通量，必然对入射圆形电子流产生往正五边形的压缩作用，示意图见《图 12》，同时因为电子受到来自入射口圆环弧面的电场力，最终的入射电子流，通过调节电场强度匹配电子流速度，可使入射电子流到达球心聚变区时，形成十个正五边形带球面弧度的电子团形状，按照正十二面体的正五边形分布，在球心处，形成减去 2 个等离子体出口方向的正五边形弧面的正十二面体球状电子流覆盖。

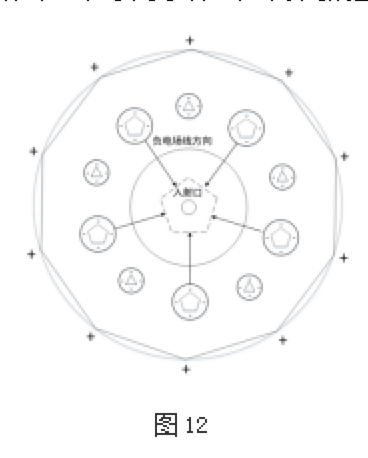


图 12

5 个五角入射口方向增加的电通量，相同电压下，按整体平均计算：

$\Phi_{E5a}=\sum\Phi_{E5}/\sum\Phi_{E3}\times\Phi_{E5}-\Phi_{E3}=(3.4122-1)\times\Phi_{E3}=2.4122\times\Phi_{E3}$

4.3. 对称电场约束

对称电场约束是指在各个入射口与出射口处，加入相应的正负电场，以产生一个对碰撞后从球心聚变区域散射回来的电子施加一个往出射口径向轴线运动的力，驱动电子无损耗地从出射口中心圆孔出去，从而实现对电子的回旋加速。只有这样才能通过电子不断地传递能量提高中心聚变区的温度与压力，达到聚变条件发生聚变反应，并产生稳态运行。

对发射电子而言，入射口施加的是负电场、出射口施加的是正电场。

对每个入射口与出射口，其电场分布可分解为两个矢量，一个是指向球心的径向分量，一个是与径向方向垂直的水平分量，水平分量示意图见《图 13》

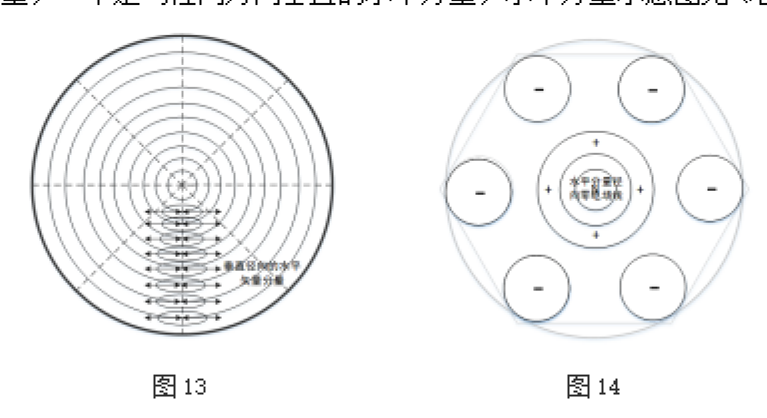


图 13　　　　图 14

作者简介：林美炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

因为入射口与出射口在球体上是全对称的，在径向分量上，电场强度在球心处必然叠加为零，越往出入口金属圆环中心，电场强度越大。

对入射口而言，所有入射口的电场线在水平分量的叠加，必然在出射口径向轴线上叠加为零，出射口的径向轴线就称为水平分量径向零电场线，围绕棱中点与球心连线的轴线进行 360 度的旋转，每个角度在水平方向都是左右对称的，左右电场必然抵消为 0，所以棱中点与球心连线的轴线就是水平分量径向零电场线，电子越偏离这条水平分量径向零电场线，受到电场水平分量的力就越大，驱动电子往出射口径向轴线方向运动，最终从出射口中心圆孔出去，进入外接的磁约束管道，这种对电子产生往出射口径向轴线方向运动的电场力，就是对称电场约束。

对出射口的正电场而言，五角入射口负电场线与三角入射口负电场线都进入出射口，同等电压下，由于五角入射口负电场线比三角入射口负电场线多了 2.4122 倍，其叠加的负电场形状必然由五角入射口负电场主导，以棱中点与球心连线的轴线为中心，在平面的投影是一个正六边形，有 4 个五角入射口顶点分布在正六边形 4 个左右对称的顶点上，因为对称的关系，必然是其它负电场的叠加结果，分布在正六边形的另 2 个对称顶点上，从而形成《图 14》的场强分布。

所以，每个出射的电子流，在对称电场约束下，电子静态均匀分布的水平受力是正六边形而非圆形的，但在对称磁场约束下，电子流产生绕进运动，电子不再是静态分布，正六边形的水平受力对每个电子是均等的，最终以圆形方式出射出去。

4.4. 对称磁场约束

对称磁场约束是指在出射口，加入磁线圈产生指向球心的 N 极或 S 极的非均匀磁场，以产生一个对碰撞后从球心聚变区域散射回来的电子施加一个往出射口径向轴线运动的绕进力，驱动电子无损耗地从出射口的中心出去，从而实现对电子的回旋加速，其原理同磁镜或瓷瓶一样，在出射口中心处产生对电子的最强约束作用，使电子从磁环的中心出射出去，进入外接的磁约束管道。

30 个出射口的磁场叠加分布，由于对称分布的关系，在径向分量上，磁场强度在球心处必然叠加为零，越往出射口，磁场强度越大，是一个非均匀磁场。

而在水平分量的叠加上，因为对称关系，必然在 30 个入射口+2 个等离子出口的径向轴线分布上，由于距离对称相等，水平分量的叠加为零，入射口的径向轴线就称为水平分量径向零磁力线，电子若沿着这些零磁力线运动，则不受磁场约束，但这些零磁力

作者简介：林荣炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发；
E-mail:903137238@qq.com

线是分别分布在电子的三角入射口或五角入射口的径向轴线上，在入射电子流的电场或动能作用下，电子必然远离这些水平分量径向零磁力线，所有回流的电子都能被磁场所约束，在球体半径不变的情况下，根据电子的速度控制范围值，通过调节磁场强度，约束电子往出射口的中心做绕行运动，进入外接的磁约束管道。

综上所述，三角入射口、五角入射口、出射口的相互电场作用无非是在对称群（3.5.2.1）规范下相互作用，最终三角入射口、五角入射口、出射口的电场形状会往正三椎体、正五椎体、正六椎体的方向转化，而不是《图 8》的圆椎体形状，计算过程只需把圆面积改为正三角形面积、正五边形面积、正六边形面积即可，至于面积的大小，和设计参数的选择相关，如电子流密度、电子流速度、三角入射口负电压、五角入射口负电压、出射口的正电压以及球体半径等参数相关，需在实际设计过程的参数选择进行计算与调控，需要计算机建模进行模拟运算。

而对于磁场分布形状分析，和电场的分布形状相似，磁通量形状是一个圆锥体形状，磁场强度从球心到出射口是逐渐增强的，从而对进入 30 个出射口磁场范围内的回流电子，产生一个往出射口轴线的绕进运动，形成对称磁场约束。

4.5. 非对称平衡调节

以上是阐述了对称约束的关系，3 种对称约束为“点火自持”维稳核聚变环境创造了可行机制，但如何使核聚变持续进行，需要有非对称，才能排出氦 4 核，使氘核往氦 4 核进行持续的聚变转化，本节的非对称分析与平衡调节，就是围绕如何把聚变后的氦 4 核形成等离子体从球心处转移出去，以及如何利用聚变能量来展开说明。

聚变后产生的氦核与大部分被聚变能量电离的氘核与电子形成等离子体，需通过磁场约束，使其往等离子体出口运动（《图 2》的 A 与 A’），在左右两个等离子体出口，施加的电场与五角入射口一样为负电场(即对应正二十面体的十二个顶点区域都是负电场），用于吸引等离子体的正电核；磁场设为 S 极，与出射口磁极相反，使所有出射口 N 极的磁力线汇聚射向 S 极，越往中心点磁场越强，特别是其相邻的 5 个的出射口磁场对其影响较大，使磁力线往 S 极汇聚，增强了对等离子体的磁场约束，使从被球心聚变区被十面五角电子流惯性力压缩出来，往等离子体出口方向运动的等离子体在磁场约束下，往等离子体出口中心做绕进运动，进入等离子体发电装置进行等离子体发电。

4.5.1. 磁场平衡调节

由于等离子体出射口磁场为 S 极，导致球体内部的的整体磁场在等离子体出射口

作者简介：林英炎(1968—), 男(汉), 籍贯(广东省、揭阳市), 职称, 高工, 节能研究与节能平台开发);
E-mail:903137238@qq.com

中心往球心的径向方向出现偏移，需进行磁场平衡调节，方法主要有两种。

一是对所有的五角入射口都加上同样的磁场 S 极与场强，就可形成对称的磁场分布，此举可加大电子出射口的磁场强度，增强磁约束，但会引起五角入射口的入射电子流射向球心的过程中出现水平扩散，若这种扩散在设计上是需要的，比如用于调节五角入射电子的在球心聚变区域的第二层覆盖半径，则可采用这种平衡调节。

二是需根据等离子体出射口的 S 极磁场强度，利用周围的 5 个电子出射口磁场进行强度调节。具体做法为增加周围的 5 个电子出射口的磁场强度，每个电子出射口增加的磁场强度比例为等离子体出射口的磁场强度的 cos(30)^2/(sin(60)×5)=0.1732 倍，就可抵消这种偏移，同时每一个出口相应增加 0.1732 倍对等离子体出射口的磁场强度的叠加贡献，增强了对等离子体磁场约束力，加强其往离子体出射口中心的绕行运动。

具体实施也可把这两种结合起来使用。

4. 5. 2. 电场平衡调节

在 30 个电子发射口没有发射电子的静态电场下，若等离子体出口的负电场强度与其他五角入射口的强度一致，球体内整体电场处于对称平衡态，则无需对电场进行电场平衡调节。在其他 30 个电子发射口处于发射电子的动态下，电子流本身也产生负电场，由于等离子体出口方向没有发射电子流，使得整体电场往在两边等离子体出口出现偏移，需加大等离子体出口的负电场强度，进行动态调节，保持对称平衡态。这样，等离子体出口的负电场强度变大了，也相应增强了对等离子体正电核的库伦引力，有利于吸引等离子体正电核往等离子体出口运动；

由于聚变核心区的电子数量远大于氦核与氚核，往等离子体出口方向运动的电子，速度快的电子容易克服等离子体出口负电场的电场斥力，在磁场约束下与正电核混合成等离子体，一同通过等离子体出口，进入等离子体发电装置进行等离子体发电。可通过调节出射口的正电场强度与等离子体出口的负电场强度，控制电子往等离子出口的数量，达成动态的等离子体电中和。

5. 两种基本发电系统

5. 1. 电子发射构型聚变发电系统

作者简介：林美炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

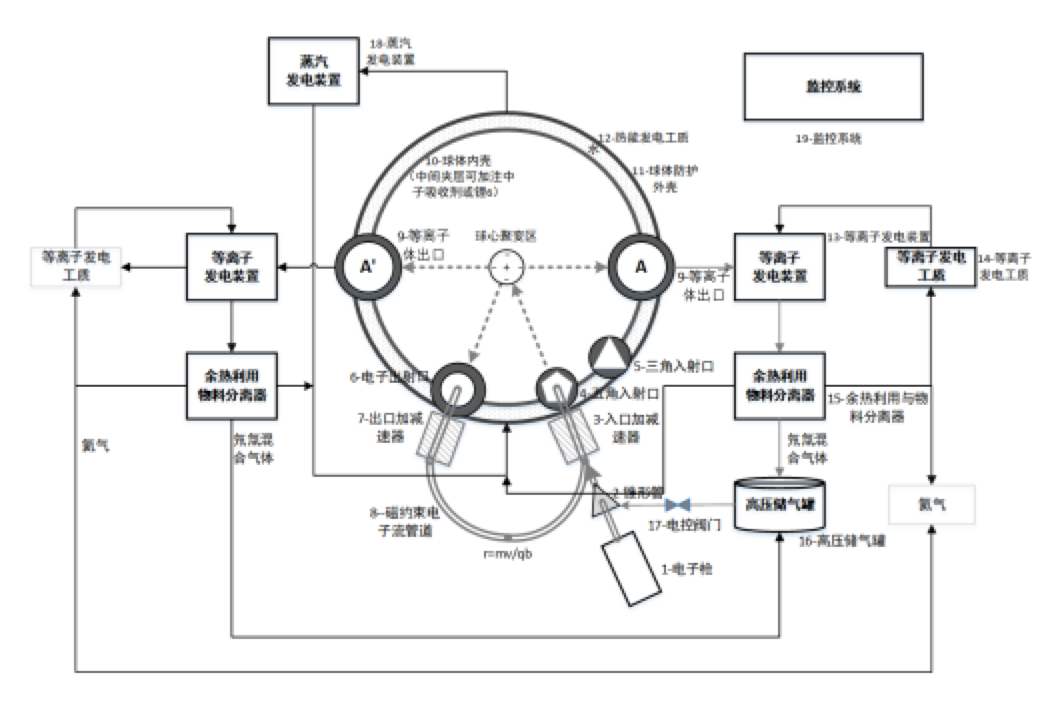


图 15

电子发射构型聚变发电系统主体结构由下面组件或材料所组成，见《图 15》。

1-电子枪，数量 30 支；

2-锥形管，数量 10 个；

3-入口加减速器，数量 30 个；

4-五角入射口装置，数量 10 个；

5-三角入射口装置，数量 20 个；

6-电子出射口装置，数量 30 个；

7-出口加减速器，数量 30 个；

8—磁约束电子流管道，数量 30 个；

9-等离子体出口装置，数量 2 个；

10-球体内壳，数量 1 个；

11-球体防护外壳，数量 1 个；

12-热能发电工质，采用水等；

13-等离子体发电装置，2 套；

14-等离子体发电工质，采用低温易电离物质；

15-余热利用与物料分离器，2 套；

16-高压储气罐，2 套；

作者简介：林英炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

17-电控阀门，数量 10 个；

18-蒸汽发电装置，1 套；

19-监控系统，

工作过程描述：

启动前，高压储气罐储存有高压氘气，整个球体内部处于真空状态，通电后三角入射口与五角入射口带负电场，电子出射口带正电场与磁场 N 极，等离子体出口带负电场。

30 支电子枪通电后，先由 20 个三角入射口的电子枪同时发射高速电子，经入口加减速器继续加速后，从 20 个三角入射口在球心区域进行对撞汇聚，因为是正二十面体覆盖，受力平衡，从而在球心区域逐渐形成一团密集的小球体电子团。反弹回来进入 30 个电子出射口的电子，在 20 个三角入射环路继续加速，在 10 个五角入射环路维持出射速度不变，同时加大等离子出口面的负电场强度，使球体内电场保持动态平衡。

经过一段时间的循环加速惯性碰撞，当中心温度达到能电离氘气的条件后，10 个五角入射口直道打开电控阀门，先把少量高压氘气通过锥形管均匀的注入发射直道，10 个五角入射环路对电子转为适量加速，聚变气体到达球心区域被电离成正电核后，被球心强负电场压向球心内部，在电子的不断撞击惯性约束下，非弹性碰撞部分转化为热能，随着温度与压力的不断上升，发生聚变反应。在一定的球体半径与强电场及强磁场的对称约束下，电子回流过程没有能量损耗，可不断提高电子的速度从而提高惯性约束力，使球心聚变区域的温度与压力不断提升，在球心处发生聚变反应，特别是可利用 60 个脉冲激光发射点，可快速提高聚变温度与压力，有望实现 D-D 聚变。

聚变能量（快中子与γ射线占大部分）与后续加大注入的氘气进行碰撞与电离，吸收一部分能量转化为氘（或氘氚）等离子体，同时在聚变后开启等离子体出口的 S 极磁场，同时动态调整负电场强度，使等离子体的正负离子的数量保持一个均衡态，使等离子体进入等离子体装置进行等离子体发电。

进入等离子体发电装置的等离子体能量（包括速度）很高，可以先进行隔热能量置换，加热容易电离的等离子体发电工质，如钠盐等，使等离子体发电工质电离后再进行等离子体发电，提高能效。降温减速的聚变等离子体变为氘气与氦气，分离出氦气，以及预热回收用于加热蒸汽发电后的低温水后，把氘气加压注入储气罐，同时对被消耗的氘气进行补充，完成了一个流程。

剩下的聚变能量辐射向球体内壳，内壳本身包括产生电场与磁场、回旋管道的直道

作者简介：林奕炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com

与弯道相连处（有少量中子进入）以及等离子体的隔热能量置换的金属选用抗中子辐射高温合金，辐射使内壳温度上升，加热内壳外的蒸汽发电工质，如采用水。温度控制在超临界或超超临界发电温度，控制在 400℃-700℃范围内（根据发电选型确定温度与防护外壳应力设计），确保了发电站的安全性。

若只能维持 D-T 聚变，则在内壳中间加入夹层，在夹层注入锂 6 吸收中子使其产生氚，收集后加压注入储气罐，用于 D-T 聚变。

另外还需要一套监控系统进行参数控制，维护聚变过程的可持续性，整个运行过程对参数采集的实时性要求高，对监控系统有高要求。

对球体内部各种运行参数进行检测的传感器可安装在小斜方截半二十面体（见《图 5》）60 个顶点区域的内壳球面小面积上。

在这个运行过程中，电子枪发射电子及电场加速就是“点火”；通过 3 种对称约束形成电子入射与出射循环并在球心形成一个稳定的高温高压的强负电场电子团小球体聚变区，就是“点火自持”；强负电场电子团小球体吸入外围的氘核并压入小球中心区域产生核聚变，就是“燃烧”；核聚变产生聚变能进行发电后，拿出小部分电能供应电子枪发射电子与电场加速，整体形成“点火—点火自持—燃烧”的三循环可控模式。

5.2. 核子发射构型聚变发电系统

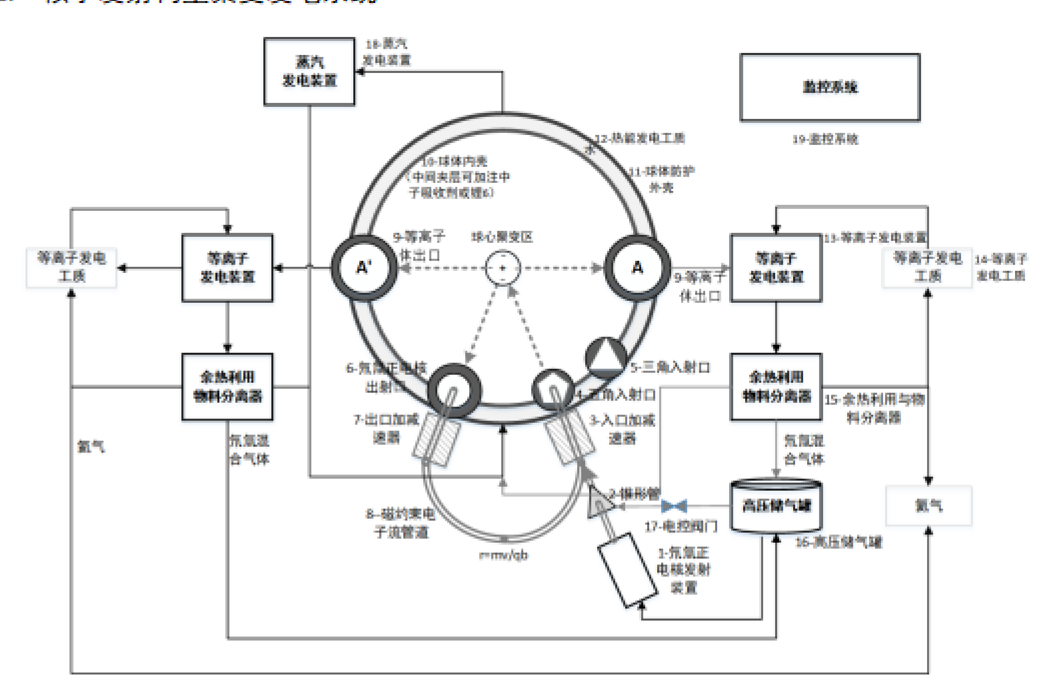


图 16

核子发射构型聚变发电系统，是把发射电子改成直接发射带正电的氘核，因为都是利用正二十面体的 3 种基本对称，与发射电子是一种同构设计（见《图 16》），只

作者简介：林荣炎(1968—), 男(汉), 籍贯(广东省、揭阳市), 职称, 高工, 节能研究与节能平台开发);
E-mail:903137238@qq.com

需把内部的正负电场反向，即入射口带正电，出射口带负电，把电子枪改成氘气电离室发射正电氘核。由于氘核的质量比电子大 3673 倍左右，为克服氘核在球心聚变区的库伦斥力，需要高速的射向球心的氘核流，从而对产生 3 种对称约束的设备性能提出更高要求，可以通过提高球体的半径来平衡对设备性能的高要求，但体积要大许多，总体的造价要比电子发射构型聚变发电系统高许多，但相应的聚变发电功率可以做得更大，是一种更大型的同构聚变系统。

6. 后记

本文初步提出了基于三种对称约束实现“点火自持”的可控核聚变构型与其内部基本几何关系，以及通过该构型形成的发电系统。后续继续按照该构型进行计算机建模，通过模拟运行核聚变过程以确定更多的运行参数及其关联运行关系，为实验聚变堆的建设提供具体的数据，后续的计算机建模计算，专文另述。

参考文献

[1] Michael Artin 所著 Algebra，第七章第四节：二十面体群的类方程

作者简介：林美炎(1968—)，男(汉)，籍贯(广东省、揭阳市)，职称，高工，节能研究与节能平台开发)；
E-mail:903137238@qq.com